

## Strömungsmaschine und Verfahren zum Betrieb

### **Technisches Anwendungsgebiet**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit einem Verdichter und mindestens einer Turbine, bei der im Ansaugkanal des Verdichters eine Booster-Stufe mit ein oder mehreren Booster-Elementen angeordnet ist, sowie ein Verfahren für eine optimierte Betriebsweise einer derartigen Strömungsmaschine.

10 Die vorliegende Strömungsmaschine eignet sich in der Ausgestaltung einer Gasturbine, Gasturbinenanlage oder Kombianlage vor allem zur Energieerzeugung unter der Bedingung des Einsatzes verschiedener Brennstoffe, bei wechselnden Umgebungsbedingungen  
15 sowie besonderen Netzanforderungen.

### **Stand der Technik**

Aus der US 3,979,903 ist eine Gasturbine bekannt, bei der im Ansaugkanal des Verdichters ein Booster-Gebläse angeordnet ist. Dieses  
20 Booster-Gebläse wird mit annähernd konstanter Leistung über eine separate Turbine angetrieben und ermöglicht unter anderem eine Leistungssteigerung der Gasturbinenanlage.

Es ist auch bekannt, ein oder mehrere derartige Booster-Gebläse  
25 im Ansaugkanal des Verdichters von Gasturbinenanlagen einzusetzen. Diese so genannten Air-Intake-Booster führen über eine Erhöhung des Luftmassenstromes zu einer Leistungssteigerung der Gasturbinenanlage. Sie werden daher in Spitzenlastzeiten oder bei Notwendigkeit der Bereitstellung einer zusätzlichen Reserveleistung usw. eingesetzt.

105027 " 54120007

Weiterhin können durch den Betrieb dieser Booster-Gebläse jahreszeitliche, standort- und klimatisch bedingte Einflüsse auf die Leistung der Gasturbinenanlage ausgeglichen werden.

- 5            Eine weitere Möglichkeit zur Leistungssteigerung einer Gasturbinenanlage besteht in der Anordnung von einem oder mehreren Booster-Gebläsen im Abgaskanal der Turbine. Diese so genannten Exhaust-Gas-Booster führen zu einer Absenkung des Druckes im Abgaskanal und somit zu einer Vergrößerung des Expansionsgefälles der
- 10           aus der Turbine austretenden Heissgase. Die Vergrößerung des Expansionsgefälles resultiert wiederum in einer Leistungssteigerung der Gasturbinenanlage. Die Booster-Gebläse im Abgaskanal können, wie auch die Air-Intake-Booster, in Spitzenlastzeiten sowie bei Notwendigkeit der Bereitstellung einer zusätzlichen Reserveleistung zugeschaltet
- 15           werden. Sie können ebenso zum Ausgleich jahreszeitlich, standort- und klimatisch bedingter Einflüsse auf die Leistung der Gasturbinenanlage eingesetzt werden.

- Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine
- 20           Strömungsmaschine sowie ein Betriebsverfahren für die Strömungsmaschine anzugeben, die eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte sowie eine hinsichtlich klimatischer, standortbedingter und auslegungsseitiger Einflüsse, wechselnden Brennstoffen und unterschiedlichen Netzanforderungen optimierte und anlagenschonende
- 25           Fahrweise ermöglichen.

### **Darstellung der Erfindung**

Die Aufgabe wird mit der Strömungsmaschine sowie dem Verfahren gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 10 gelöst. Vorteilhafte

Ausgestaltungen der Strömungsmaschine sowie des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die vorliegende Strömungsmaschine, die in bekannter Weise mit  
5 einem Verdichter zur Verdichtung angesaugter Verbrennungsluft sowie  
mindestens einer Turbine ausgestaltet ist, weist eine erste Booster-Stufe  
auf, die im Ansaugkanal des Verdichters angeordnet ist. Die  
Strömungsmaschine weist weiterhin eine zweite Booster-Stufe auf, die in  
10 einem Abgaskanal, der sich direkt oder über Zwischenelemente an die  
mindestens eine Turbine anschließt, angeordnet ist.

Die erste Booster-Stufe und/oder die zweite Booster-Stufe können  
auch in bereits vorhandenen aber auch zusätzlich zu installierenden  
Bypasskanälen zu dem jeweiligen Ansaugkanal bzw. Abgaskanal  
15 angeordnet sein.

Bisher war der Einsatz derartiger Booster-Stufen entsprechend der  
konkreten Anforderungen der jeweiligen Strömungsmaschine jeweils nur  
entweder im Ansaugkanal oder im Abgaskanal bekannt, um die dortigen  
20 Druckbedingungen anzupassen. Die Erfinder der vorliegenden  
Strömungsmaschine haben jedoch erkannt, dass durch den kombinierten  
Einsatz beider Booster-Stufen in einer Strömungsmaschine eine optimierte  
Fahrweise dieser Strömungsmaschine in einem sehr weiten  
Betriebsbereich ermöglicht wird.

25

Die erste Booster-Stufe und die zweite Booster-Stufe dienen zur  
Optimierung des gesamten Ansaugbereiches bis zum Eintritt der  
Ansaugluft in den Verdichter und des gesamten Abgasbereiches ab dem

Austritt der Abgase aus der Turbine sowohl hinsichtlich der konstruktiven Ausführung als auch der Strömungstechnik.

Die erste Booster-Stufe und/oder die zweite Booster-Stufe können  
5 jeweils aus einem (grossen) oder mehreren (kleinen) Booster-Elementen  
aufgebaut sein. Die einzelnen Booster-Elemente einer jeweiligen Booster-  
Stufe können in Bezug auf die Ansaugluft bzw. das Abgas in Reihen- oder  
Parallelschaltung angeordnet sein. Die Anordnung der Booster-Elemente  
ist ferner unabhängig von Einbauten im Ansaugkanal (z. B. Luftfilter) und  
10 Abgaskanal (z. B. Lärmschutzeinbauten). Die Booster-Elemente einer  
Booster-Stufe können in Strömungsrichtung sowohl vor, nach als auch vor  
und nach einem Einbau angeordnet sein.

Vorzugsweise werden die Lüfter der Booster-Elemente durch  
15 drehzahlgeregelte Antriebe angetrieben. Durch eine geeignete Steuerung  
läßt sich auf diese Weise der Leistungsbedarf der ersten und zweiten  
Booster-Stufe minimieren. Um die Booster-Elemente auch bei Netzausfall  
für spezielle Aufgaben betreiben zu können, ist eine Auslegung der  
Antriebe der Booster-Elemente als Niederspannungsantriebe vorteilhaft.

20

Für einen wirtschaftlichen Betrieb der ersten und zweiten Booster-  
Stufe ist es ferner zweckmässig, die Lüfter der Booster-Elemente mit  
verstellbaren Lüfterblättern auszurüsten.

25

Da die Abgase der Turbine eine sehr hohe Temperatur aufweisen,  
ist es ferner zweckmässig die Abgaswärme vor Ableitung der Abgase in  
die Umgebung durch ein Wärmerückgewinnungssystem zu nutzen. Hierzu  
bieten sich insbesondere Abhitzeessel zur Warmwasser- oder  
Dampferzeugung an.

5 Mit dieser Bauweise wird eine Strömungsmaschine realisiert, die sowohl so genannte Air-Intake-Booster als auch so genannte Exhaust-Gas-Booster aufweist. Gerade die Möglichkeit des Einsatzes beider  
10 Booster-Stufen entweder einzeln, d. h. in unterschiedlicher Reihenfolge, oder in Kombination, d.h. gleichzeitig mit möglicherweise unterschiedlicher Leistung, ermöglicht die Fahrweise der Strömungsmaschine jeweils an sich verändernde Betriebsbedingungen optimal anzupassen. Sich verändernde Betriebsbedingungen ergeben sich beispielsweise in  
15 Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen, den Lastbedingungen der Gesamtanlage, dem eingesetzten Brennstoff sowie den Netzanforderungen.

15 Da sowohl der Air-Intake-Booster als auch der Exhaust-Gas-Booster zur Leistungssteigerung und auch zur Wirkungsgraderhöhung beitragen, sollten sich beide Booster-Stufen bei Normalbetrieb in Betrieb befinden. Dies gilt insbesondere dann, wenn auf Grund eines hohen Strom- bzw. Leistungsbedarfs im Netz hohe Stromvergütungen erzielt werden können. Das gleiche gilt, wenn kurzfristig Reserveleistung benötigt  
20 oder angeboten werden soll. Dies gilt aber beispielsweise auch für den Leistungsausgleich bei Einsatz eines qualitativ schlechteren Brennstoffes.

25 Kommt die Strömungsmaschine zum Zwecke der Frequenzregelung, d.h. zur Regelung der jeweils landesüblichen Netzfrequenz, zum Einsatz, so bedeutet dies eine in hohem Maße oszillierende Fahrweise mit einer sehr hohen dynamischen Beanspruchung insbesondere der thermisch belasteten Bauteile des Heissgaspfades. Diese in einem kleinen Leistungsbereich oszillierende

Leistungsabgabe wird nun von der ersten und/oder zweiten Booster-Stufe übernommen.

In Zeiten einer netzseitig zurückgehenden Last, d. h. in Zeiten mit sich verringernden Stromvergütungen, kann zuerst der eher weniger effiziente Exhaust-Gas-Booster ausser Betrieb genommen werden, gefolgt vom Air-Intake-Booster. In einem weiteren Schritt können die Vorleitreihen am Verdichter geschlossen und nach Ausschöpfung dieser Potentiale noch die Eintrittstemperatur in die Turbine abgesenkt werden.

Ein einzelner Betrieb einer jeweiligen Booster- Stufe bietet sich daher vorzugsweise im Bereich der Teillastfahrweise bzw. zur Erfüllung spezieller Anforderungen an. Beispielhaft seien hier die Verbesserung der Auftriebsbedingungen des aus dem Abgaskanal ausströmenden Abgases durch Einsatz des Exhaust-Gas-Boosters genannt. Ein Exhaust-Gas-Booster kann zum einen bei Reduzierung der Höhe des Abgaskanals analoge Auftriebsbedingungen im Vergleich zu einem deutlich höheren Abgaskanal sicher stellen. Der Betrieb des Exhaust-Gas-Boosters kann aber auch dazu beitragen, bei ungünstigen bzw. extremen Wetterlagen die Emissionsbedingungen zu verbessern.

Vor bzw. während dem Anfahren einer Strömungsmaschine muss durch einen Spülvorgang des gesamten Systems sichergestellt sein, dass sich keinerlei brennbare Substanzen mehr im System befinden. Diese Spülvorgänge realisiert man üblicherweise durch Drehen des Wellenstranges. Mittels des Verdichters sind Strömungsbedingungen zu erreichen, bei welchen brennbare Substanzen aus dem System ausgeblasen werden. Zum Anfahren einer Strömungsmaschine muss ferner der Wellenstrang vor dem Beginn der Befeuerung bis zu einer

vorgeschriebenen Drehzahl beschleunigt werden. Eine weitere Beschleunigung ist erforderlich, um selbsttragende Betriebsbedingungen zu erreichen. Das Beschleunigen und das Drehen des Wellenstranges zu bzw. auf einer relativ hohen Drehzahl wird heute üblicherweise über einen

5   Anfahrumrichter und einen Betrieb des Generators als Motor realisiert.

Durch einen Betrieb der ersten und/oder zweiten Booster-Stufe kann nun insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz von Abhitzekeesseln zur Dampferzeugung stromab der mindestens einen

10   Turbine vor oder während dem Anfahren der Gasturbinenanlage ein effizienteres Spülen der Gasturbinenanlage und des Abgassystems erreicht werden.

Beispielsweise kann es zur Verkürzung der Revisionszeiten von Strömungsmaschinen zweckmässig sein, diese möglicherweise bereits während insbesondere aber nach dem Abfahren zusätzlich zu kühlen. Dieses zusätzliche Kühlen auch „Forced Cooling“ genannt realisiert man üblicherweise wiederum, indem man über den Anfahrumrichter und den

15   Generator die Welle dreht und mittels des Verdichters die

20   Strömungsmaschine mit kalter Luft durchströmt. Die gleiche Aufgabe kann nun mittels der ersten und/oder zweiten Booster-Stufe realisiert werden.

Der Betrieb der Booster-Stufen kann auch während des Anfahrens, während Leistungssteigerungen bzw. während des Normalbetriebes dazu

25   beitragen, die Strömungsmaschinen schonender zu fahren bzw. grössere Leistungsgradienten zu realisieren. So ist es während des Anfahrens bzw. bei Leistungssteigerungen unter Einbeziehen der ersten und/oder zweiten Booster-Stufe möglich, einen grösseren Leistungsgradienten zu realisieren bzw. bei gleichem Leistungsgradienten und damit verringerter

T05032T 647200T

Feuerungsleistung die Anlage schonender zu betreiben. Auch bei stationärem Betrieb ist es in Abhängigkeit der konkreten Bedingungen möglich, bei Realisierung einer vergleichbaren Anlagenleistung, die Feuerungsleistung der Strömungsmaschine zu vermindern, damit die  
5 oberen Prozesstemperaturen abzusenken, um somit insbesondere die thermische Belastung der Bauteile zu verringern.

Die beispielhaft beschriebenen Auslegungsmöglichkeiten und Betriebsweisen zeigen, dass durch die Summe der Massnahmen und ihre  
10 Kombination ein weiter Bereich an Möglichkeiten für die Auslegung und die Optimierung der Betriebsweise einer Gasturbinen- oder Kombianlage unter den jeweils vorliegenden Betriebsbedingungen zur Verfügung steht.

Selbstverständlich ist die Ausrüstung von Gasturbinen- oder  
15 Kombianlagen mit Air-Intakte-Boostern und Exhaust-Gas-Boostern nicht auf Neuanlagen beschränkt. Diese Booster können auch bei bestehenden Anlagen zur Kompensation beispielsweise von Alterungseffekten nachgerüstet werden. Sie können aber auch zur Leistungs- und Wirkungsgradsteigerung, zur Anpassung der Leistung an die  
20 Bedarfsstruktur u. dgl. Einsatz finden.

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Die vorliegende Strömungsmaschine wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Figuren ohne  
25 Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1        eine schematische Darstellung einer Gas-  
turbinenanlage gemäß der vorliegenden Erfindung;



Fig. 2 eine schematische Darstellung der Verhältnisse zwischen Air-Intake-Booster und Exhaust-Gas-Booster bzgl. der Abhängigkeit von Leistung und Wirkungsgrad der Strömungsmaschine von Druckänderungen;

Fig. 3 ein Beispiel für die Abhängigkeit der relativen Ausgangsleistung einer Gasturbinenanlage von der Umgebungstemperatur; und

Fig. 4 ein Beispiel für die Abhängigkeit der relativen Ausgangsleistung einer Gasturbinenanlage vom Umgebungsdruck.

#### **Wege zur Ausführung der Erfindung**

Die vorliegende Strömungsmaschine ist vorzugsweise als Gasturbinenanlage oder als Kombianlage zur Energieerzeugung ausgestaltet. Figur 1 zeigt hierzu den grundsätzlichen Aufbau der Strömungsmaschine am Beispiel einer Gasturbinenanlage, ohne auf Details, wie den genauen Aufbau des Verdichters, der Turbine, der Brennkammer oder der sonstigen Elemente einer derartigen Anlage, einzugehen, die dem Fachmann hinreichend bekannt sind. Weiterhin wird in diesem Beispiel nicht auf den genauen Aufbau des Air-Intake-Boosters oder des Exhaust-Gas-Boosters eingegangen, deren Gestaltungs- und Auslegungsvielfalt in Analogie zu Lüftern ebenfalls der Fachliteratur entnommen werden kann.

Im nachfolgenden soll unter einer Strömungsmaschine eine Anlage bestehend aus Verdichter und mindestens einer Turbine verstanden werden.

- Unter einer Gasturbine als konkrete Form einer
- 5 Strömungsmaschine wird eine Anlage bestehend aus Verdichter, mindestens einer Brennkammer und mindestens einer Turbine verstanden. Eine Gasturbinenanlage schliesst zudem einen Generator zur Stromerzeugung ein.

- Unter einer Kombianlage versteht man zunächst die Kopplung
- 10 eines Gas- und eines Dampfprozesses in Form einer Gasturbinenanlage und einer Dampfturbinenanlage. Die Wärme der Abgase der Turbine der Gasturbinenanlage dient dabei zur Dampferzeugung in einem Abhitzeessel. Der erzeugte Dampf wird mittels der Dampfturbinenanlage zur Stromerzeugung genutzt.

- 15 Bei der in der Figur 1 dargestellten Gasturbinenanlage ist im Ansaugkanal 1 des Verdichters 2 eine erste Booster-Stufe (Air-Intake-Booster) 3 angeordnet. Diese erste Booster-Stufe 3 im Ansaugkanal 1 kann in Strömungsrichtung sowohl vor oder auch nach dem Gasturbinen-
- 20 Luftfiltersystem im Ansaugkanal 1 angeordnet sein. Die erste Booster-Stufe 3 verringert einerseits die Druckverluste über dem gesamten Ansaugkanal 1 der Gasturbinenanlage bzw. erhöht den Ansaugdruck für den Verdichter 2 und erhöht somit den Zuluftmassenstrom. Die erste
- 25 Booster-Stufe 3 kann andererseits aber auch zu einer Optimierung des gesamten Ansaugkanals 1 im Hinblick auf die Strömungstechnik (z. B. kleinere Querschnitte) und die konstruktive Ausführung (z. B. effizientere Luftfilter) dienen. Durch eine kosten- und raumsparende Bauweise, eine der Anordnungsplanung untergeordnete Führung des Ansaugkanals,

Für einen Betrieb der Strömungsmaschine unabhängig vom Betrieb  
20 des Abhitzekessels 7 kann zwischen Turbine 5 und Abhitzekessel 7 ein  
Bypass(kamin) 10 angeordnet sein. Über ein Klappensystem 11 können  
die heissen Abgase der Turbine 5 wahlweise direkt über den  
abgasseitigen Bypass (Bypasskamin) 10 oder über den Abhitzekessel 7  
und den Abgaskanal 8 in die Umgebung abgeleitet werden. Auch im  
25 abgasseitigen Bypass 10 kann ein Exhaust-Gas-Booster 9 angeordnet  
sein. Der gleiche Sachverhalt gilt selbstverständlich für den Fall eines  
Bypasses 10 auf der Seite des Ansaugkanals 1.

Für einen Betrieb der Strömungsmaschine unabhängig vom Betrieb  
20 des Abhitzekessels 7 kann zwischen Turbine 5 und Abhitzekessel 7 ein  
Bypass(kamin) 10 angeordnet sein. Über ein Klappensystem 11 können  
die heissen Abgase der Turbine 5 wahlweise direkt über den  
abgasseitigen Bypass (Bypasskamin) 10 oder über den Abhitzekessel 7  
und den Abgaskanal 8 in die Umgebung abgeleitet werden. Auch im  
25 abgasseitigen Bypass 10 kann ein Exhaust-Gas-Booster 9 angeordnet  
sein. Der gleiche Sachverhalt gilt selbstverständlich für den Fall eines  
Bypasses 10 auf der Seite des Ansaugkanals 1.

Durch diese zweite Booster-Stufe 9 auf der Austrittsseite des Abhitzekessels 7 wird zunächst der Druckverlust über dem Abgassystem incl. Abhitzekessel 7 reduziert bzw. der Expansionsenddruck der Turbine 5 abgesenkt und somit wiederum die Leistung der Gasturbinenanlage gesteigert. Ferner kann durch diese zweite Booster-Stufe 9 beispielsweise durch eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Abgase am Austritt des Abgaskanals 8 eine Vergrößerung des Auftriebs des Abgases erreicht werden. Damit lassen sich in Zeiten ungünstiger bzw. extremer Wetterlagen die Emissionsbedingungen verbessern. Andererseits bietet damit die zweite Booster-Stufe 9 bei gleichen Emissionsbedingungen die Möglichkeit, die Höhe des Abgaskanals 8 zu verringern, sollte dies beispielsweise aus architektonischen Gründen notwendig sein.

In Analogie zum Air-Intake-Booster 3 kann auch der Exhaust-Gas-Booster 9 zu einer konstruktiven und strömungstechnischen Optimierung des gesamten Abgassystems, d. h. des Abhitzekessels und des Abgaskanals, dienen.

Weiterhin kann durch gezielte Steuerung der Booster-Stufen beispielsweise Standort- und Klimaeinflüssen, unterschiedlichen Brennstoffqualitäten, differenzierten Netzanforderungen u. dgl. Rechnung getragen werden.

In Figur 2 sind die Effekte von erster Booster-Stufe 3 und zweiter Booster-Stufe 9 auf den Wirkungsgrad und die Leistung qualitativ dargestellt. Bei gleicher Druckänderung (Ansaugdruckerhöhung bei Inlet-Air-Booster bzw. Abgasdruckabsenkung bei Exhaust-Gas-Booster) bewirkt die erste Booster-Stufe 3 den deutlich höheren Effekt. Aus diesem Grund ist in Abhängigkeit insbesondere der zu fahrenden Leistung der ersten Booster-Stufe 3 der eindeutige Vorrang zu geben. Der qualitative Unterschied zwischen erster und zweiter Booster-Stufe 3,9 resultiert aus

den unterschiedlichen Volumenströmen am Lufteintritt und am Abgasaustritt durch Dichteunterschiede.

Eine jeweilige Booster-Stufe 3,9, d. h. die erste Booster-Stufe 3 -  
5 auch als Air-Intake-Booster 3 bezeichnet - und die zweite Booster-Stufe 9  
- auch als Exhaust-Gas-Booster 9 bezeichnet -, kann aus einem oder  
mehreren parallel oder in Reihe zum Ansaugluft- bzw. Abgasstrom  
geschalteten Booster-Elementen 12 bestehen. Jedes Booster-Element 12  
verfügt über einen Antrieb 13 und einen Lüfter 14.

Vorzugsweise werden die Lüfter 14 der Booster-Elemente 12 über  
drehzahlgeregelte Antriebe 13 angetrieben, wie dies in der Figur 1  
schematisch dargestellt ist. Durch diesen drehzahlgeregelten Antrieb 13  
lässt sich der Betrieb der Gasturbinenanlage jederzeit optimal sich  
15 verändernden Betriebsbedingungen anpassen, um so eine möglichst  
wirtschaftliche Fahrweise der Anlage zu ermöglichen.

Vorzugsweise enthält das vorliegende System eine entsprechende  
Steuerung 15 für die drehzahlgeregelten Antriebe 13 der Booster-  
Elemente 12 beider Booster-Stufen 3,9.

Zur Anpassung des Betriebes der Booster-Stufen 3,9 an die  
Betriebsbedingungen der Gasturbinenanlage ist es weiterhin vorteilhaft,  
die Lüfter 14 der Booster-Elemente 12 mit verstellbaren Lüfterblättern 16  
auszurüsten (vgl. Fig. 1a).

Desweiteren kann durch den Betrieb der Booster-Stufen 3,9 vor  
oder während eines Anfahrens der Gasturbinenanlage das Spülen der  
Gasturbinenanlage, des Abhitzekeessels 7 und des Abgaskanals 8 bewirkt  
bzw. dieser Vorgang unterstützt werden.

Die Booster-Stufen 3,9 können auch während des Abfahrens bzw. der Stillsetzung der Anlage zum Einsatz gelangen. Für ein schnelles Abkühlen der Gasturbinenanlage nach dem Abstellen werden die Booster-Stufen 3 und/oder 9 im Sinne von „Forced Cooling“ betrieben. Ein „Forced Cooling“ ist somit ohne Einsatz von Anfahrumsrichter und Generator  
5 möglich.

Die Antriebe (13) der Booster-Elemente (12) werden vorzugsweise als Niederspannungsantriebe ausgelegt und folglich von der  
10 Niederspannungsebene aus versorgt. Im Gegensatz zum Anfahrumsrichter, welcher von der Mittelspannungsebene gespeist wird, bietet die Niederspannungsversorgung der Booster-Antriebe auch die Möglichkeit eines Betriebes unter den Bedingungen des Netzausfalls. Auch unter „Black-Grid“ Situationen ist somit ein Spülen aus sicherheitstechnischen Erforder-  
15 nissen oder ein „Forced Cooling“ möglich.

Die beiden Booster-Stufen 3 bzw. 9 können entweder einzeln oder in Kombination betrieben werden. Beide Booster-Stufen 3,9 dienen primär zur Erhöhung der Leistung und zur Verbesserung des Wirkungsgrades der  
20 Gesamtanlage. Beim An- bzw. Abfahren der Anlage aber auch bei Lastwechseln können mittels der Booster-Stufen 3,9 grössere Leistungsgradienten realisiert werden. Die Booster-Stufen 3,9 können jedoch durch Ermöglichung einer schonenden Fahrweise auch eine Erhöhung der Lebensdauer der Anlage bewirken, indem – bei gleichem  
25 Leistungsgradienten bzw. gleicher Ausgangsleistung wie ohne Betrieb der Booster-Stufen - durch deren Betrieb eine Temperaturabsenkung in der Gasturbinenanlage entsprechend der durch die Booster-Stufen gewonnenen Mehrleistung ermöglicht wird. Eine solche EOH (Equivalent Operating Hour) verringernde stationäre Fahrweise einer

Gasturbinenanlage kann beispielsweise in den Nachtstunden oder an den Wochenenden, d. h. in Zeiten mit sehr niedrigen Brennstoffpreisen, vorteilhaft sein.

5            Gasturbinenanlagen bieten sich für Aufgaben der Frequenzregelung an. Dies bringt jedoch erhebliche dynamische Belastungen insbesondere für die Bauteile des Heissgaspfades mit sich. Die durch die Frequenzregelung verlangten Leistungsänderungen können nun über eine entsprechende Regelung der ersten und/oder zweiten  
10    Booster-Stufe 3,9 erbracht werden.

Die Möglichkeit des Ausgleichs unterschiedlicher oder variierender Umgebungsbedingungen mit den beiden Booster-Stufen 3,9 wird anhand der Figuren 3 und 4 ersichtlich. Figur 3 zeigt hierbei den Einfluss der  
15    Umgebungstemperatur auf die relative Ausgangsleistung der Gasturbinenanlage unter Vollastbedingungen. In dieser Darstellung ist die Abnahme der relativen Ausgangsleistung der Gasturbinenanlage ersichtlich, wenn die Umgebungstemperatur ansteigt. Durch Zuschalten der Booster-Stufen bei Temperaturerhöhung der Umgebungsluft kann  
20    einer derartigen Leistungsverringerung entgegengewirkt werden.

Figur 4 zeigt schließlich die Abhängigkeit der relativen Ausgangsleistung der Gasturbinenanlage unter Vollastbedingungen bei Veränderung des Druckes der Umgebungsluft bedingt durch  
25    Wetterbedingungen oder die Aufstellungshöhe. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass die relative Ausgangsleistung der Gasturbinenanlage bei Abnahme des Luftdruckes ebenfalls absinkt. Auch dieser Leistungsänderung in Abhängigkeit des Druckes der Umgebungsluft kann durch Zuschalten der Booster-Stufen entgegengewirkt werden.

## BEZUGSZEICHENLISTE

1	Ansaugkanal
2	Verdichter
3	Erste Booster-Stufe (Air-Intake-Booster)
4	Brennkammer
5	Turbine
6	Generator
7	Zwischenelement, Abhitzekessel
8	Abgaskanal
9	Zweite Booster-Stufe (Exhaust-Gas-Booster)
10	Bypass (-kamin, -kanal; ansaugluftseitig, abgasseitig)
11	Klappensystem
12	Booster-Element
13	Antrieb (drehzahlgeregelt)
14	Lüfter
15	Steuerung von 13
16	Lüfterblatt (verstellbar)

T0503149 6442007



Patentansprüche

1. Strömungsmaschine mit einem Verdichter (2) und mindestens einer Turbine (5), bei der in einem Ansaugkanal (1) des Verdichters (2) eine erste Booster-Stufe (3) angeordnet ist,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass in einem Abgaskanal (8), der sich direkt oder über Zwischenelemente (7) an die Turbine (5) anschließt, oder in einem Bypass(kanal) (10) zu dem Abgaskanal (8) eine zweite Booster-Stufe (9) angeordnet ist.  
10
2. Strömungsmaschine mit einem Verdichter (2) mit einem Ansaugkanal (1) und mindestens einer Turbine (5), bei der in einem Bypass(kanal) (10) zu dem Ansaugkanal (1) eine erste Booster-Stufe (3) und  
15 in einem Abgaskanal (8), der sich direkt oder über Zwischenelemente (7) an die Turbine (5) anschließt, oder in einem Bypass(kanal) (10) zu dem Abgaskanal (8) eine zweite Booster-Stufe (9) angeordnet ist.
- 20 3. Strömungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Booster-Stufe (3) und/oder die zweite Booster-Stufe (9) aus einem oder mehreren parallel oder in Reihe angeordneten Booster-Elementen (12) mit Lüftern (14) besteht.  
25

4. Strömungsmaschine nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Booster-Elemente (12) Antriebe (13) aufweisen, die als  
Niederspannungsantriebe ausgelegt sind.
- 5
5. Strömungsmaschine nach Anspruch 3 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Lüfter (14) der Booster-Elemente (12) durch einen  
drehzahlgeregelten Antrieb (13) angetrieben werden.
- 10
6. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Lüfter (14) der Booster-Elemente (12) mit verstellbaren  
Lüfterblättern (16) ausgerüstet sind.
- 15
7. Strömungsmaschine nach Anspruch 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen dem Abgaskanal (8) und der Turbine (5) ein  
Wärmerückgewinnungssystem, insbesondere ein Abhitzekeessel (7),  
als Zwischenelement vorgesehen ist.
- 20
8. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Booster-Stufe (3) und die zweite Booster-Stufe (9)  
zur Optimierung des gesamten Ansaugbereiches bis zum Eintritt  
25 der Ansaugluft in den Verdichter bzw. des gesamten  
Abgasbereiches ab dem Austritt der Abgase aus der Turbine  
sowohl hinsichtlich der konstruktiven Ausführung als auch der  
Strömungstechnik ausgelegt sind.

9. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Höhe des Abgaskanals (8) gegenüber einer  
5 Strömungsmaschine ohne zweite Booster-Stufe (9) verringert ist,  
wobei die zweite Booster-Stufe (9) zur Kompensation der aus der  
Verringerung der Höhe des Abgaskanals (8) veränderten Auftriebs-  
bedingungen ausgelegt ist.
10. Verfahren zum Betrieb einer Strömungsmaschine nach einem oder  
mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste  
Booster-Stufe (3) und die zweite Booster-Stufe (9) in Abhängigkeit  
von den konkreten Betriebsbedingungen einzeln oder in  
Kombination betrieben werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei einem hohen Leistungsbedarf bzw. bei der Notwendigkeit  
zur Bereitstellung von Reserveleistung die erste Booster-Stufe (3)  
20 und/oder die zweite Booster-Stufe (9) betrieben wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Notwendigkeit des Betriebes der Strömungsmaschine zum  
Zwecke der Frequenzregelung die erste Booster-Stufe (3) und/oder  
25 die zweite Booster-Stufe (9) betrieben wird.
13. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,

dass vor dem Anfahren und/oder während des Anfahrens der Strömungsmaschine die erste Booster-Stufe (3) und/oder die zweite Booster-Stufe (9) zum Zwecke des Spülens der Anlage betrieben wird.

5

14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Abfahrens und/oder nach dem Abfahren der Strömungsmaschine die erste Booster-Stufe (3) und/oder die zweite Booster-Stufe (9) zum Zwecke des Kühlens der Anlage betrieben wird.

10

15. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Anfahrens bzw. während einer Leistungssteigerung der Strömungsmaschine die erste Booster-Stufe (3) und/oder die zweite Booster-Stufe (9) zum Zwecke der Realisierung eines erhöhten Leistungsgradienten der Anlage betrieben wird.

15

20

16. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Anfahrens bzw. während einer Leistungssteigerung der Strömungsmaschine die erste Booster-Stufe (3) und/oder die zweite Booster-Stufe (9) zum Zwecke eines schonenderen Betriebes der Anlage bei gleichem Leistungsgradienten wie ohne Betrieb der Booster-Stufen (3,9) betrieben werden.

25

17. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Betrieb der ersten Booster-Stufe (3) und/oder der zweiten  
Booster-Stufe (9) die Feuerungsleistung zurückgenommen wird, um  
5 die gleiche Ausgangsleistung der Strömungsmaschine  
bereitzustellen wie ohne Betrieb der ersten Booster-Stufe (3)  
und/oder der zweiten Booster-Stufe (9).
18. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei Notwendigkeit der Verbesserung der  
Emissionsbedingungen die zweite Booster-Stufe (9) zur Erhöhung  
der Austrittsgeschwindigkeit und damit des Auftriebs der aus dem  
Abgaskanal (8) ausströmenden Abgase betrieben wird.

5

10

15

T0502T 64T2000T

### Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit  
5 einem Verdichter (2) und mindestens einer Turbine (5), bei der in einem  
Ansaugkanal (1) des Verdichters (2) ein Air-Intake-Booster (3) und in  
einem Abgaskanal (8) der mindestens einen Turbine (4) ein Exhaust-Gas-  
Booster (9) angeordnet sind. Beim Betrieb der Strömungsmaschine  
10 werden die einzelnen Booster-Stufen in Abhängigkeit von den konkreten  
Betriebsbedingungen einzeln oder in Kombination betrieben.

Die Strömungsmaschine und das zugehörige Betriebsverfahren  
ermöglichen eine wirtschaftliche Betriebsweise der Strömungsmaschine.  
(Figur 1)

1000449-100001